

石炭灰の品質のばらつきが高流動コンクリートの諸性状に及ぼす影響

九州工業大学 学生員○姚 清 正会員 出光 隆
同 上 正会員 山崎 竹博 学生員 平山 浩司

1. まえがき

日本における電力エネルギーは火力発電によるものが大部分を占める。そのうち石炭火力によるものは全体の約17%となっている。1992年度の石炭灰の発生量は410万tで、そのうち215万tが土木用材料として再利用されている。一方、中国では4000万tの石炭灰が発生し、再利用は700万tで18%にすぎない。今後土木分野での再利用が強く望まれている。

さて、石炭灰の性質は輸入される石炭の種類によっても異なり、特に粒度や粒形、未燃カーボン量に影響を受ける。未燃カーボン量が多い場合にはAE剤を吸着するため、空気量の調節が難しくなることがある。本研究では、4種類の外国産石炭、ユーラン、ハンターバレー、エンシャム、ブレアソール炭の灰を高流動コンクリートの混和材として用い、その品質のばらつきが高流動コンクリートの流動性に及ぼす影響について実験的研究を行った。

2. 実験概要

石炭灰の品質を強熱減量でクラス分けし3%以下のとき良品、3～5%のときを中

表-1 石炭灰の諸性質

炭種	湿分	強熱減量(%)	比重	比表面積(cm^2/g)	JIS A 6201への適合	品質
JIS A 6201規格	1.00以下	5.00以下	1.95以上	2,400以上		
ハンターバレー	0.07	5.75	2.18	3,900	×	低
エンシャム	0.22	3.16	2.31	3,250	○	中
ユーラン	0.14	1.57	2.23	3,640	○	良
ブレアソール	0.10	2.73	2.20	3,520	○	良

表-2 骨材の物理的性質

	細骨材	粗骨材
表乾比重	2.56	2.78
実積率(%)	65.40	60.92
粗粒率(%)	2.68	6.57
吸水率(%)	3.09	1.48

品質、5%以上のときを低品とした。本研究で使用した石炭灰は表-1に示す。良品で比表面積の違うユーラン炭(5.75%)、ブレアソール炭(2.73%)、中品質のエンシャム炭(3.16%)、低品質のハンターバレー炭(5.75%)の4種類である。ハンターバレー炭を除く3炭種ともJIS6201規格(湿分1%以下、強熱減量5%以下、比重1.95以上、比表面積 $2400\text{cm}^2/\text{g}$ 以上)を満足している。

使用した骨材の物理的性質を表-2に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを、混和剤にはポリカルボン酸エーテル系高性能

表-3 コンクリートの配合表(単位水量、高性能AE減水剤)

配合No.	W/P (%)	S/a (%)	空気量 (%)	W	単位重量 (kg/m^3)			減水剤 P× (%)	AE助剤 P× (%)
					C	F	S		
HAN	30.9	50	4	170	275	275	738.0	801.5	0.02
EN							747.1	811.3	0.03
BU							739.5	803.0	0.04
YU							741.6	805.4	0.02

減水剤、AE剤には変性アルキルカルボン酸系を使用した。骨材のみの実積率試験結果から、細骨材率 $s/a=50\%$ のとき実積率のピーク値が得られた。石炭灰の置換率 $F/(C+F)=50\%$ 、単位結合材量 $(C+F)=550\text{kg}/\text{m}^3$ 、単位水量 $W=170\text{kg}/\text{m}^3$ 、高性能AE減水剤添加量 $(C+F)\times 2\%$ を一定として、炭種とコンクリートの流動性との関係を調べた。表-3にコンクリートの配合を示す。高流動コンクリートの流動性能はウエットスクリーニングモルタルの粘度とモルタルフロー値、コンクリートのスランプフロー値、充填値などから評価できるがここでは、コンクリートのスランプフロー、充填試験結果を中心に述べる。

3. 実験結果

3.1 スランプフローの経時変化

図-1に、4炭種の石炭灰を使用したコンクリートのスランプフロー試験結果を示す。スランプコーン引き

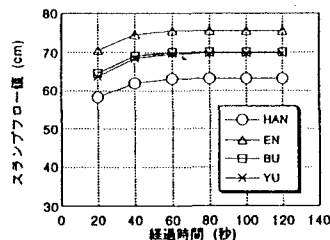


図-1 スランプフロー値の経時変化

上げ後20秒から120秒まで測定を行った。いずれの結果とも20秒後には最終値の90%以上、40秒後では95%以上に達しており、スランブフローは速く収束することがわかる。

3.2 充填速度の経時変化

図-2に、4炭種の石炭灰を使用したコンクリートの充填試験結果を示す。ゲート開放10秒後から測定を行った。ハンターバレー炭は10秒後の充填値が他の3炭種より、かなり小さいが、20秒後には4種のうち最大値を示した。最終的に充填値が小さかったのは比表面積が小さいエンシャム炭であった。

3.3 スランブフローと比表面積の関係

図-3に、4種類の石炭灰の比表面積とスランブフローの関係を示す。その結果、比表面積が大きい石炭灰ほど細粒分を多く含み、ペーストの見掛けの粘性が増大するため、スランブフローは低下する傾向が見られた。

3.4 スランブフローと強熱減量の関係

一般に強熱減量の大きい石炭灰は未燃カーボンが多く、減水剤の効果を減少させると言われている。図-4にスランブフローと強熱減量の関係を示したが、両者の間に明確な相関性は見られなかった。

3.5 圧縮強度の経時変化

炭種の違いによるコンクリートの圧縮強度への影響を見るため、材令1週と4週の強度試験を行った。1週強度の大きいハンターバレー炭灰を使用した場合1週～4週までの伸びが小さく、4週強度は最も小さかった。しかしながらいずれの場合も4週強度は300kgf/cm²に達している。

4. まとめ

オーストラリア産の4炭種を用いた石炭灰の品質の違いによる高流動コンクリートの流動性への影響を取りまとめると次のようになる。

- ①適度な流動性を持つコンクリートのスランブフロー試験ではフロー値の収束が速く、40秒程度で安定する。
- ②ポリカルボン酸系高性能AE減水剤を使用した場合は、強熱減量と流動性の間には特に相関関係は見られなかった。
- ③4炭種の同一な配合条件においては、比表面積の大きい方が水の吸着が大きく、スランブフロー値は少し小さくなった。
- ④圧縮強度は灰の品質(強熱減量と比表面積)の良いもの程4週強度が大きく、品質の悪いものに比べて約20%の強度増となった。

石炭灰を良、中、低品質に区別し、試験を行ったが、この範囲では、ある程度のばらつきは示すものの高流動コンクリートとしての性質を満足するので、炭種による影響は少ないものと考えられる。

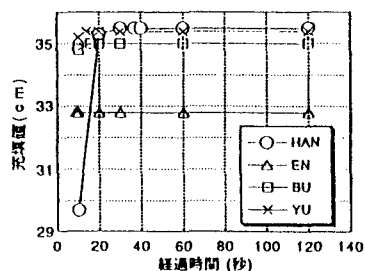


図-2 充填値の経時変化

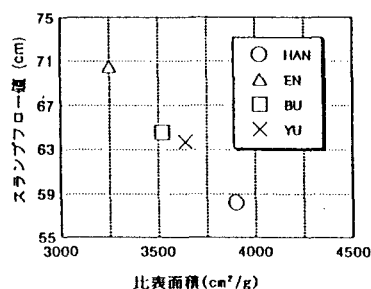


図-3 スランブフロー値と比表面積の関係

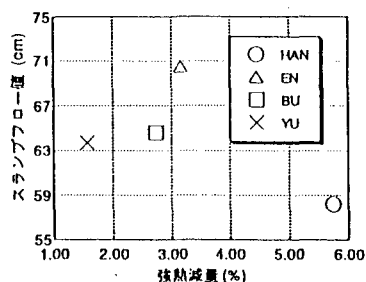


図-4 スランブフロー値と強熱減量の関係

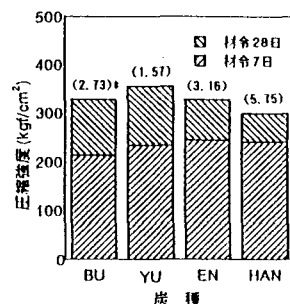


図-5 石炭灰の種類と圧縮強度の関係

注*()内の数値は強熱減量の値である。

参考文献：高山俊一・出光隆・山崎竹博・畑元浩樹：フライアッシュの品質の違いが高流動コンクリートの流動性に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文報告集、第一号、PP107～112、1994